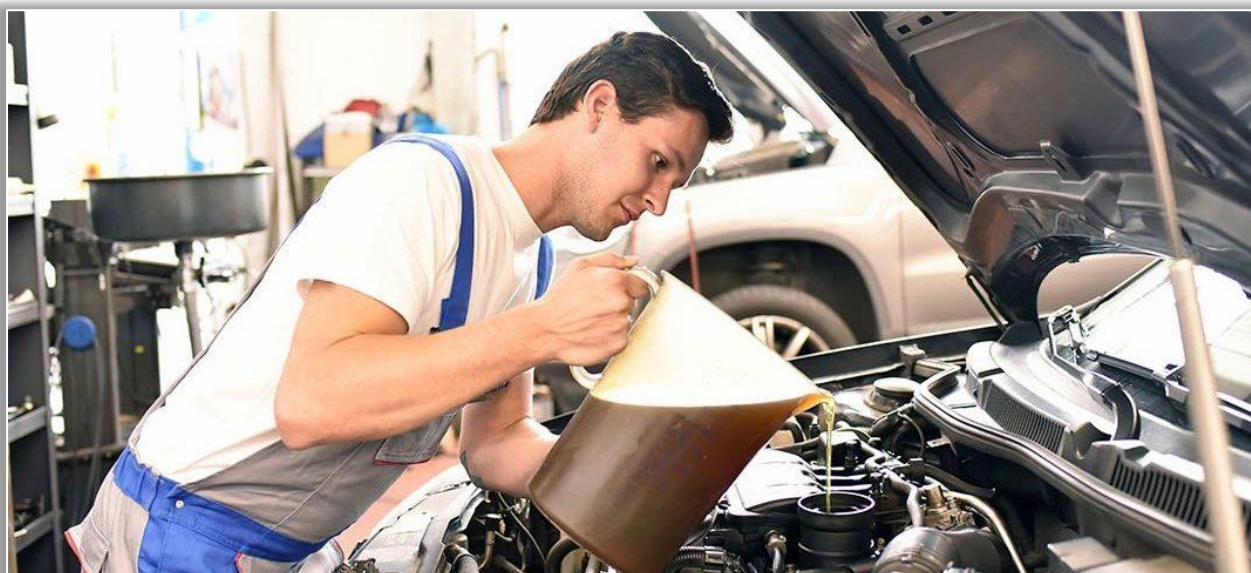


VISCOSIDAD

"LEY DE STOKES"



INTEGRANTES : VICTOR MANUEL CACERES PACO

GABRIEL SILVESTRE PINTO

CRISTI GARCIA FLORES

EDUARDO JIMENEZ

DOCENTE : CESAR VLADIMIR ARANCIBIA CARVAJAL

GESTION:

2021

1) Resumen

En esta práctica enfocaremos nuestro estudio a la relación entre magnitudes físicas, para determinar el coeficiente de viscosidad de un líquido con la ayuda de la Ley de Stokes, esta experimentación podrá ser realizada de una manera más sencilla gracias a los materiales que nos otorga la unidad académica EMI Cochabamba, a pesar de esto deberemos de tener sumo cuidado con algunas condiciones que tendrá que cumplir nuestro sistema para la validación de la relación de magnitudes que emplearemos. El análisis de datos obtenidos en esta práctica se realizarán a partir del método de mínimos cuadrados y el cálculo del error de la densidad del fluido en estudio por el método de propagación de errores, finalmente expondremos los resultados obtenidos, terminaremos con nuestras conclusiones y algunas recomendaciones acerca del procedimiento.

2) Competencias

- Determinar el coeficiente de viscosidad de un líquido por el método de Stokes
- Encontrar la relación funcional entre la velocidad y el radio de las esferas

3) Marco teórico

Fricción en fluidos

El valor de la fuerza de rozamiento de un objeto que se mueve en el interior de un fluido depende tanto del tamaño, forma y velocidad del objeto como de la naturaleza del fluido mismo.

Existen dos tipos de flujos de un fluido:

Fluido Laminar

Flujo turbulento

En este caso estudiaremos el flujo laminar ya que dentro de lo que es nuestro fluido no se está generando ningún tipo de turbulencia o remolinos que alteren el estado de reposo del líquido

Viscosidad

- La viscosidad es aquella propiedad que determina la cantidad de resistencia opuestas a las fuerzas tangenciales
- La viscosidad se debe principalmente a las interacciones entre las moléculas del fluido

Pero algo que debemos de tomar muy en cuenta es que supongamos que tenemos dos fluidos el agua y el aceite, si los dejamos caer y deslizar sobre una superficie inclinada de cristal. ¿Y entonces cual será el que caerá más rápido y llegará a la parte final del cristal?

La respuesta correcta sería que el agua por que es mucho menos viscoso que el aceite, pero si enfocamos nuestra pregunta a ¿qué líquido es más denso?

Entonces la respuesta correcta sería que el agua es el que tiene o es más denso que el aceite.

Llegamos a la conclusión de que el termino Viscosidad y el termino densidad no son lo mismo, es decir que un fluido puede ser mas denso que otro fluido pero con una menor viscosidad y viceversa, un fluido puede ser mas viscoso que otro pero con una menor densidad.

Determinación del coeficiente de viscosidad

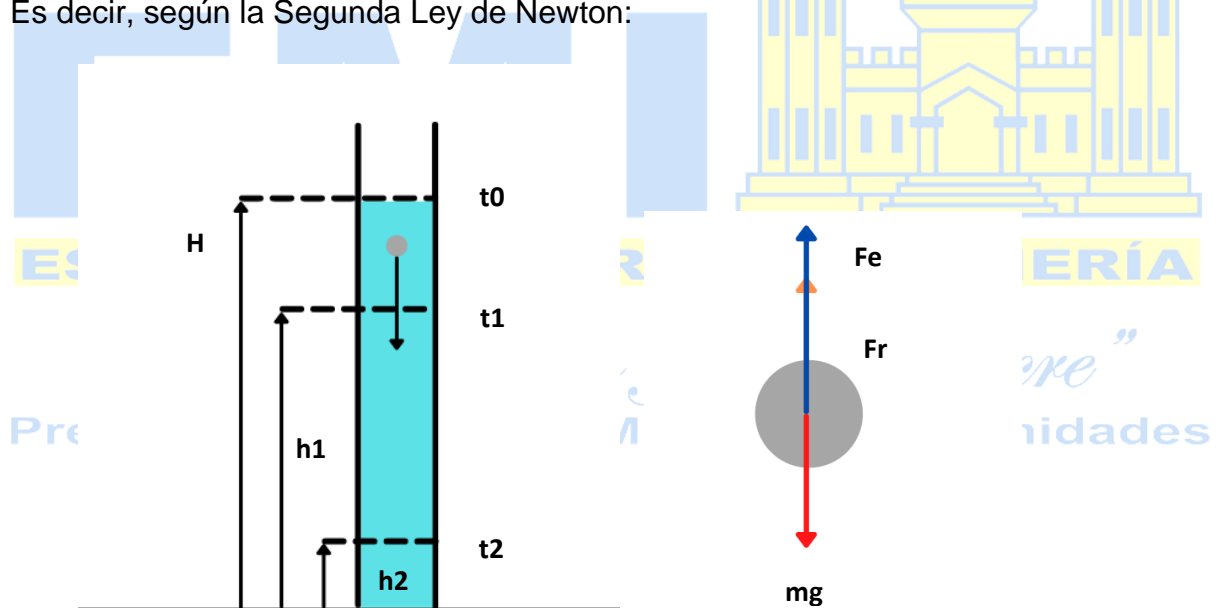
Sobre todo, cuerpo que se mueve en un fluido viscoso actúa una fuerza resistente que se opone al movimiento. La Ley de Stokes expresa que para cuerpos esféricos (que es el caso que veremos en esta oportunidad) el valor de esta fuerza es:

$$F_r = 6\pi\eta r v$$

Ecuación 3.1

Donde η es el coeficiente de viscosidad del fluido, o viscosidad absoluta, r el radio de la esfera y v la velocidad terminal de la misma con respecto al fluido.

Si consideramos un cuerpo que cae libremente en el seno de un fluido, al cabo de cierto tiempo, cuando el peso sea equilibrado por la fuerza F_r y por el empuje de Arquímedes, habrá adquirido una velocidad constante $v = v_l$, llamada velocidad límite. Es decir, según la Segunda Ley de Newton:



Haciendo este análisis y aplicando la segunda ley de newton obtenemos la siguiente relación:

$$\rho_g v = \rho' g V + 6\pi\eta r v$$

Ecuación 3.2

Donde ρ y ρ' son la densidad del cuerpo y del fluido, respectivamente. A partir de la ecuación 2.2 podemos obtener la siguiente expresión para la viscosidad:

$$\eta = \frac{2gr^2}{9v_l}(\rho - \rho')$$

Ecuación 3.3

La ecuación 3.3 puede reescribirse como:

$$v_l = \frac{2}{9\eta}g(\rho - \rho')r^2$$

Ecuación 3.3

Donde:

$$\alpha = \frac{2}{9\eta}(\rho - \rho')$$

Ecuación 3.4

Entonces tenemos que:

$$v_l = \alpha r^2$$

Esta última ecuación nos dice que el valor de la velocidad limite tendrá una relación lineal con el cuadrado del radio de la esfera

4) Esquema y montaje de los equipos

4.1) Materiales

- Soporte Universal
- 1 tubo con fluido de densidad conocida (glicerina)
- Nivel
- Termómetro
- Varias esferas de metal (perdigón) de 6 diámetros diferentes
- Cronometro
- Tornillo micrómetro
- Balanza
- Logger Pro

4.2) Procedimiento experimental

Para la realización de la experiencia se utilizaron 5 esferas de acero de varios diámetros. Cada esfera se dejó caer cuatro veces desde el extremo superior de un tubo de vidrio vertical, completamente lleno de glicerina. Mediante pruebas preliminares se determinó visualmente que a una altura $H = 45$ cm con respecto al piso las esferas alcanzaban su velocidad límite con seguridad.

Los pasos que se siguieron para la práctica a realizar son los siguientes que se detallan a continuación:

- ✓ Utilizamos la aplicación Logeer pro para poder reproducir un video y darle un valor o una escala a cada fotograma para cierta porción de video.
- ✓ Nos asignamos un punto como origen de coordenadas y designamos el sentido en el que nuestros datos serán tomados en este caso positivos hacia abajo.

- ✓ Nos marcamos punto a punto arbitrariamente nuestros datos, que el programa transformará, para luego después lanzárnoslas como datos experimentales de velocidad, que posteriormente serán colocados en una tabla de registro de datos.

4.3) Registro de datos

Tabla de registro de datos realizados en la práctica son las siguientes:

Tabla1: Datos de los diámetros en milímetros y las masas en gramos

N	D[mm]	m[g]
1	(6.87 ± 0.01)	(1.1 ± 0.1)
2	(7.14 ± 0.01)	(1.5 ± 0.1)
3	(12.41 ± 0.01)	(7.0 ± 0.1)
4	(16.00 ± 0.01)	(16.7 ± 0.1)

Tabla 2: Calculo de la densidad de cada esfera

N	D[m]	m[kg]	$\rho[\text{kg/m}^3]$
1	$(6.87 \times 10^{-3} \pm 0.01)$	$(1.1 \times 10^{-3} \pm 0.1)$	6.48×10^3
2	$(7.14 \times 10^{-3} \pm 0.01)$	$(1.5 \times 10^{-3} \pm 0.1)$	7.87×10^3
3	$(12.41 \times 10^{-3} \pm 0.01)$	$(7.0 \times 10^{-3} \pm 0.1)$	6.10×10^3
4	$(16.00 \times 10^{-3} \pm 0.01)$	$(16.7 \times 10^{-3} \pm 0.1)$	7.79×10^3

Prestigio, Disciplina y Mejores Oportunidades

Tabla3: tabal de registro de las velocidades da cada esfera y el calculo de la velocidad promedio

	v_1	v_2	v_3	v_4	v_5	$\bar{v} = [m/s]$
Esfera 1	0,0514	0,0530	0,0544	0,0530	0,0518	0,0527
Esfera 2	0,0646	0,0643	0,0631	0,0623	0,0606	0,0630
Esfera 3	0,1227	0,1195	0,1164	0,1130	0,1095	0,1162
Esfera 4	0,1428	0,1384	0,1342	0,1314	0,1286	0,1351

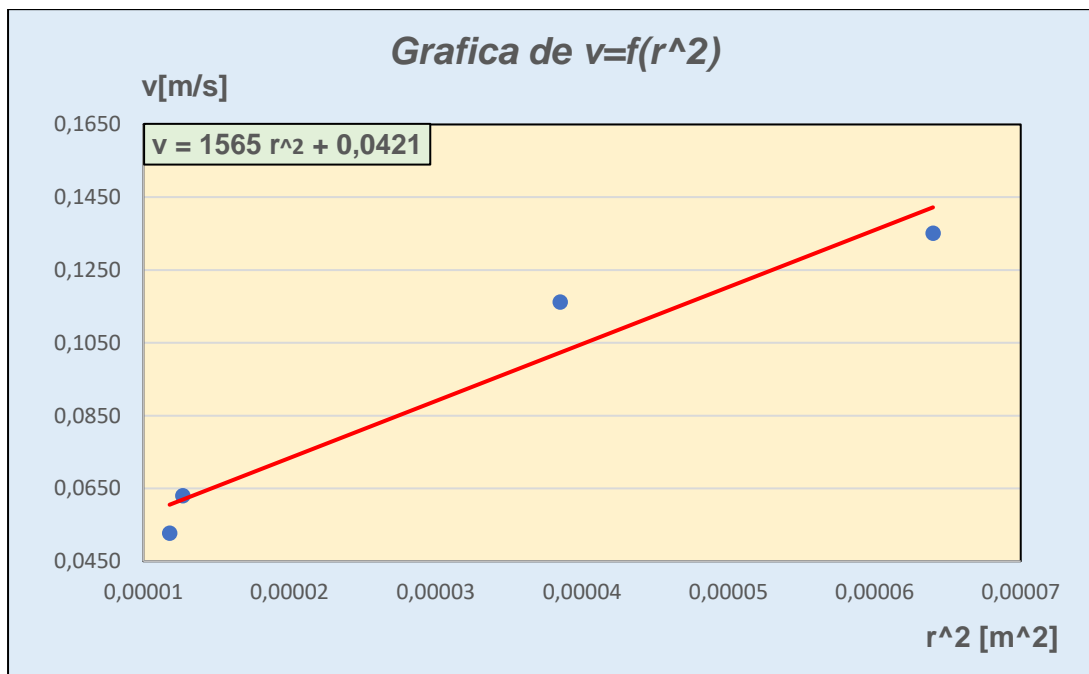
5) Tabla de datos, Graficas y resultados

5.1) Tablas obtenidas

Los resultados obtenidos de la tabla 1, 2 y 3, es la siguiente (tabla 4).

N	$v[m/s]$	$r^2[m^2]$
1	0,0527	$1,18 \times 10^{-5}$
2	0,0630	$1,27 \times 10^{-5}$
3	0,1162	$3,85 \times 10^{-5}$
4	0,1351	$6,40 \times 10^{-5}$

5.2) Graficas obtenidas



5.2) Resultados obtenidos

Según el modelo de ajuste corresponde a una recta según la ecuación de ajuste es la siguiente:

$$v = A + Br^2$$

Donde los parámetros de ajuste son **A** es decir nuestra ordenada al origen y **B** la pendiente de nuestra recta.

Por lo tanto, la ecuación de ajuste de la recta (más detalle ver anexo) obtenidos por el Método de Mínimos Cuadrados con sus respectivos errores son los siguientes:

$$A = (0.04 \pm 0.01)[m/s]; 25\%$$

$$B = (1565 \pm 288)[1m * s]; 18.40\%$$

$$r = 0.999$$

Por lo tanto, la ecuación experimental encontrada de los datos (Tabla 4), es la siguiente:

$$v = 0.04 + 1565r^2$$

Despreciando el parámetro A se obtiene la ecuación experimental hallada en laboratorio

$$v = 1565r^2 \quad \text{Ecuación experimental}$$

Por lo tanto, comparando con la ecuación teórica y ecuación experimental se puede ver que:

$$v = \frac{2g(\rho_{acero} - \rho_{glicerina})}{9\eta} \cdot r^2 \quad \text{Ecuación teórica}$$

$$B = \frac{2g(\rho_{acero} - \rho_{glicerina})}{9\eta} \cdot r^2$$

Entonces de la comparativa de ecuaciones si nosotros despejamos el coeficiente de viscosidad y remplazando los valores obtenidos anteriormente y para la determinación de su error aplicando propagación de errores:

$$\eta = (9 \pm 2) \left[\frac{kg}{m * s} \right]; 22.2\%$$

6) Anexos

6.1) Determinación de los parámetros de ajuste por el método de mínimos cuadrados

$$A = \frac{\sum y \sum x^2 - \sum xy \sum x}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 0.042061 \approx 0.04$$

$$A = 0.04$$

$$B = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} = 1564.994 \approx 1565$$

$$B = 1565$$

$$r = 0.999$$

$$\sum di^2 = \sum y^2 - 2A \sum y - 2B \sum xy + nA^2 + 2AB \sum x + B^2 \sum x^2$$

$$\sum di^2 = 3.0595213 \times 10^{-4}$$

$$\sigma^2 = \frac{\sum di^2}{n-2} = 1.52976 \times 10^{-4}$$

$$\sigma^2 = 1.52976 \times 10^{-4}$$

$$\Delta = n\sum x^2 - (\sum x)^2 = 7.38612 \times 10^{-9}$$

$$\Delta = 7.38612 \times 10^{-9}$$

$$e_A = \sqrt{\frac{\sigma^2 \sum x^2}{\Delta}} = 0.011034 \approx 0.01$$

$$e_A = 0.01$$

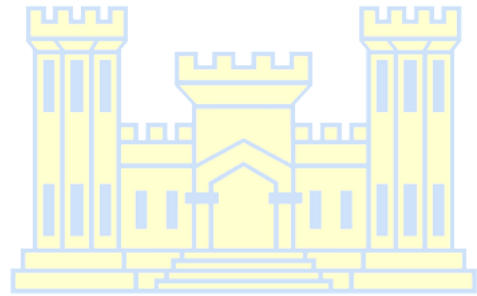
$$e_B = \sqrt{\frac{\sigma^2 n}{\Delta}} = 287.82 \approx 288$$

$$e_B = 0.1$$

$$A = (0.04 \pm 0.01)[m/s]; 25\%$$

$$B = (1565 \pm 288)[1m * s]; 18.40\%$$

$$r = 0.999$$



6.2) Calculo del error del coeficiente de viscosidad por el método de propagación de errores

Nota: Para la realización de nuestros cálculos nosotros tomamos los valores de la glicerina y el acero tabulados los cuales extrajimos del libro Sears Zemansky y son las siguientes:

$$\rho_{\text{glicerina}} = 1.26 \times 10^3 [kg / m^3]$$

$$\rho_{\text{acero}} = 7.8 \times 10^3 [kg / m^3]$$

Entonces:

$$\eta = \eta(B)$$

$$e_\eta = \sqrt{\Delta B^2} = \Delta B$$

$$\Delta B = \left| \frac{\partial \eta}{\partial B} \right| e_B = \frac{2g(\rho_{\text{acero}} - \rho_{\text{glicerina}})}{9\eta} \left| -\frac{1}{B^2} \right| * e_B$$

$$\Delta B = \frac{2 \times 9.8}{9 \times 1565^2} (7.8 \times 10^3 - 1.26 \times 10^3) * 288 = 1.6747 \approx 2$$

$$e_{\eta} = \Delta B = 2 \left[\frac{kg}{m \cdot s} \right]$$

El calculo del coeficiente de viscosidad de la glicerina es de:

$$\eta = \frac{2g(\rho_{acero} - \rho_{glicerina})}{9B} = \frac{2 \times 9.8(7.8 \times 10^{-3} - 1.26 \times 10^{-3})}{9 \times 1565} = 9.10074 \approx 9$$

Entonces:

$$\eta = (9 \pm 2) \left[\frac{kg}{m \cdot s} \right]; 22.2\%$$

7) Conclusiones

- ✓ En conclusión, logramos hallar el coeficiente de viscosidad del fluido que elegimos es decir la glicerina, pero obtuvimos un resultado no muy convincente y con un error porcentual bastante elevado, pero creemos que es por algún error cometido a la hora de la toma de datos del diámetro o de la masa de las esferas, o en caso contrario puede que hayamos tomado una cantidad de datos bastante limitada o que nuestros datos experimentales no fueron los suficientes para lograr un buen resultado. Además de los errores sistemáticos que puede que hayamos cometido en el programa Logger Pro.
- ✓ Realizando un análisis de la grafica que nos dio los datos experimentales que tenemos, observamos que tienen un comportamiento lineal y logramos con éxito conseguir una relación entre la velocidad y el radio al cuadrado de las esferas que utilizamos. Esto analizando las unidades en las que trabajan nuestras magnitudes físicas a la hora de reescribir nuestra ecuación de ajuste, que efectivamente nos daban unidades correctas y con sentido, con respecto a lo que es la ecuación teórica.

“Mcal. Antonio José de Sucre”
Prestigio, Disciplina y Mejores Oportunidades